

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-134578

(43)Date of publication of application : 28.05.1996

(51)Int.Cl. C22C 21/02  
C22C 1/02  
C22C 1/02

(21)Application number : 06-293991 (71)Applicant : NIPPON LIGHT METAL CO LTD

(22)Date of filing : 02.11.1994 (72)Inventor : KITAOKA YAMAJI  
KATTO HARUYASU  
SATO KYOJI

## (54) ALUMINUM ALLOY FOR DIE CASTING, EXCELLENT IN HIGH TEMPERATURE STRENGTH AND TOUGHNESS, AND ITS PRODUCTION

### (57)Abstract:

PURPOSE: To produce an aluminum alloy for die casting, improved in high temp. strength and toughness.

CONSTITUTION: This aluminum alloy has a composition which contains 1-7% Cu, 10-16% Si, 0.3-2% Mg, 0.5-2% Fe, 0.1-4% Mn, 0.01-0.3% Ti,  $\leq 0.01\%$  P, and 0.001-0.02% Ca and also contains, if necessary, 0.2-6% Ni and in which P/Ca is regulated to  $\leq 0.5$  by weight ratio. Casting is performed at  $\geq 20^\circ\text{C}/\text{sec}$  cooling rate, and the average major axis of crystallized substances and the average major axis of eutectic Si are regulated to  $\leq 20\mu\text{m}$  and  $\leq 10\mu\text{m}$ , respectively. By refining primary-crystal Si, eutectic Si, and high melting point metal crystallized substances, toughness and high temp. strength can be improved.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3448990

[Date of registration] 11.07.2003

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-134578

(43) 公開日 平成8年(1996)5月28日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 21/02				
1/02	5 0 1 E			
	5 0 3 J			

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-293991

(22) 出願日 平成6年(1994)11月2日

(71) 出願人 000004743

日本軽金属株式会社

東京都品川区東品川二丁目2番20号

(72) 発明者 北岡 山治

東京都港区三田3丁目13番12号 日本軽金属株式会社内

(72) 発明者 甲藤 晴康

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号  
株式会社日軽技研内

(72) 発明者 佐藤 京司

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号  
株式会社日軽技研内

(74) 代理人 弁理士 小倉 亘

(54) 【発明の名称】 高温強度及び靱性に優れたダイカスト用アルミニウム合金及び製造方法

(57) 【要約】

【目的】 高温強度及び靱性が改善されたダイカスト用アルミニウム合金を得る。

【構成】 このアルミニウム合金は、Cu:1~7%, Si:10~16%, Mg:0.3~2%, Fe:0.5~2%, Mn:0.1~4%, Ti:0.01~0.3%, P:0.01%以下, Ca:0.001~0.02%及び必要に応じてNi:0.2~6%を含み、P/Caが重量比で0.5以下の範囲に調整されている。冷却速度20℃/秒以上で鋳造し、晶出物の平均長径を20μm以下、共晶Siの平均長径を10μm以下にする。

【効果】 初晶Si、共晶Si及び高融点金属晶出物の微細化により、靱性及び高温強度が改善される。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Cu:1~7重量%, Si:10~16重量%, Mg:0.3~2重量%, Fe:0.5~2重量%, Mn:0.1~4重量%, Ti:0.01~0.3重量%, P:0.01重量%以下及びCa:0.001~0.02重量%を含み、P/Caが重量比で0.5以下の範囲に調整されている高温強度及び靱性に優れたダイカスト用アルミニウム合金。

【請求項2】 更にNi:0.2~6重量%を含む請求項1記載の高温強度及び靱性に優れたダイカスト用アルミニウム合金。

【請求項3】 晶出物の平均長径が20 $\mu$ m以下及び共晶Siの平均長径が10 $\mu$ m以下の鑄造組織を持つ請求項1又は2記載の高温強度及び靱性に優れたダイカスト用アルミニウム合金。

【請求項4】 請求項1又は2記載の組成をもつアルミニウム合金溶湯を冷却速度20℃/秒以上でダイカストすることにより製造されるダイカスト製品の製造方法。

【請求項5】 請求項4の方法で製造されたダイカスト製品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ディーゼルエンジン、ガソリンエンジン等の内燃機関に使用されるピストン、コンロッド、シリンダーブロック、シリンダーヘッド等として好適な高温強度及び靱性に優れたダイカスト用アルミニウム合金及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 Siを約10重量%以上含有する共晶又は過共晶Al-Si合金は、熱膨張係数が小さく、耐摩耗性に優れている。また、Si含有量が多くなると溶湯が凝固する際に高硬度の初晶Siが晶出するため、耐摩耗性が要求される内燃機関のピストン、コンプレッサー部品等の各種機械部品として使用されている。なかでも、AC8Aが代表的なAl-Si合金として使用されている。最近の内燃機関では、エネルギー資源の有効利用から燃焼効率を上昇させる傾向にある。燃焼効率を向上させようすると燃焼温度が上昇し、これに伴って内燃機関に組み込まれている各種部品、特にピストンの材質として200℃付近の温度域で高い高温強度が要求される。内燃機関に使用される他の部品についても、同様に耐摩耗性の向上が求められている。

【0003】 高温強度を改善したピストン用アルミニウム合金としては、T<sub>8</sub>熱処理でも十分な高温強度及び耐熱衝撃性をもつものが特開昭57-79410号公報で紹介されている。この合金においては、Si含有量を8.5~13.5重量%の範囲に規制すると共に、Sb添加によって共晶Siを改良している。また、特開昭55-24784号公報では、Fe系基材をAl-Si-Cu-Mg合金で鑄ぐるみピストンを製造するとき、鑄

造後に480~520℃に1~8時間加熱する熱処理によって耐熱衝撃性を改善している。一般に、高温強度の優れたAl-Si系材料には、ベースとなるAl-Si-Cu-Mg系合金に少量のNi, Mn, Fe, Cr, Zr等の高融点成分が含まれている。高融点成分は、溶湯が凝固する際に微小の晶出部として晶出し、Al合金の高温変形を阻止する作用を呈する。しかし、高融点成分の含有量増加に従って、粗大な金属間化合物が多量に生成し、強度を劣化させ易い。しかも、伸びが低下し、靱性の要求される部品としては、十分に満足できる特性を備えていない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、Al-Si系合金は、従来の合金成分の調整や添加成分による組織改良では最早材料特性を改善することができないレベルに達している。そのため、従来にはない方法で組成・組織を改善し、現状を大幅に上まわる特性、特に高温特性を示す材料の開発が必要とされている。もっとも問題にされる点としては、高温特性の改善に有効な高融点成分の添加量増加に伴い粗大な晶出物が生成し、強度劣化を起こすことである。そこで、強度劣化を伴わずに高融点成分の添加量増加によって特性の向上を図ることができれば、各種用途に要求される材料特性を満足するAl-Si系合金が得られる。本発明は、このような要求に応えるべく案出されたものであり、ダイカスト又はそれ以上の冷却速度を有する鑄造法で成分系が特定されたAl-Si系合金を鑄造することにより、高融点成分を高温で安定な微細金属間化合物として晶出させた組織とし、高温強度及び靱性に優れたアルミニウム合金を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明のダイカスト用アルミニウム合金は、その目的を達成するため、Cu:1~7重量%, Si:10~16重量%, Mg:0.3~2重量%, Fe:0.5~2重量%, Mn:0.1~4重量%, Ti:0.01~0.3重量%, P:0.01重量%以下及びCa:0.001~0.02重量%を含み、P/Caが重量比で0.5以下の範囲に調整されていることを特徴とする。このアルミニウム合金は、更にNi:0.2~6重量%を含むこともできる。本発明に従ったダイカスト用アルミニウム合金は、前述した組成をもつアルミニウム合金溶湯を冷却速度20℃/秒以上で鑄造し、晶出物の平均長径を20 $\mu$ m以下及び共晶Siの平均長径を10 $\mu$ m以下に抑制している。

【0006】 以下、本発明のアルミニウム合金に含まれる合金元素及びその含有量等について説明する。

Cu:1~7重量%

高温強度及び高温疲労強度の向上に有効な合金元素であり、Cu添加の効果は固溶状態で顕著となる。Cu含有量が1重量%未満では、高温強度が不足する。しかし、

7重量%を超える多量のCuが含まれると casting 時に Al, Cu 等の大きな晶出物が生成し、鑄造割れが発生し易くなる。また、多量にCuを添加しても、増量に見合った強度改善の効果も得られない。

Si: 10~16重量%

耐摩耗性の向上及び熱膨張係数の低減に有効な共晶 Si となる必須の合金元素であり、湯流れを良好にする作用も呈する。また、共存している Mg と反応し、時効硬化に有効な Mg<sub>2</sub>Si をも生成する。Si 含有量が 10 重量%に達しないと、耐摩耗性や高温強度が目標値よりも低くなり、熱膨張係数が大きくなる。逆に、16重量%を超える Si 含有量では、初晶 Si のサイズが大きくなり、かつ分散量も多くなる。その結果、応力集中による高温強度の低下を招く。

【0007】Mg: 0.3~2重量%

Si と結合し、時効硬化に有効な Mg<sub>2</sub>Si を生成する。Mg 含有量が 0.3 重量%に達しないと、十分な時効作用が得られない。逆に、2重量%を超える Mg 含有量では、鑄造時に多量の Mg<sub>2</sub>Si が晶出し、機械的性質を低下させる。

Fe: 0.5~2重量%

高温強度の向上に有効な合金元素であり、0.5重量%以上の Fe 含有量で効果が顕著となる。しかも、ダイカスト時における金型の焼付きを防止する。Fe は、種々の金属間化合物として晶出し、高温での強度を改善する。しかし、2重量%を超える Fe 含有量では、Fe を含む粗大な金属間化合物が晶出するため、却って高温強度を低下させる。

Mn: 0.1~4重量%

Al-Mn-Si, Al-Fe-Mn-Si 系等の金属間化合物として晶出し、耐摩耗性を向上させる。また、200℃近傍における高温強度の改善にも有効な合金元素である。このような効果を得るためには、0.1重量%以上の Mn が必要である。しかし、4重量%を超える多量の Mn 含有量では、巨大な晶出物が多量に生成するため、伸び低下等の欠陥を引き起こす。

【0008】Ti: 0.01~0.3重量%

α-Al を微細化し、材質を均質化する上で有効な合金元素である。Ti 含有量が 0.01 重量%以上になると、α-Al がマクロ結晶粒で直径 10mm 以下となり、微細化による効果が顕著になる。しかし、0.3重量%を超える Ti 含有量では、Al-Ti 系の大きな晶出物が生成し、機械的性質を劣化させる。Ti は、Ti-B 系の微細化剤として添加することができる。この点で、0.03重量%以下の B の共存も許容される。

P: 0.01重量%以下, Ca: 0.001~0.02重量%

P を極力少なくすること及び Ca の共存によって、初晶 Si の発生が抑制され、共晶 Si の改良促進が図られ、高強度及び高靱性が維持される。また、ヒケの集中が抑

制され、耐圧性が向上する。しかし、0.01重量%を超える P や 0.02重量%を超える Ca は、湯流れ性を悪化させ、湯まわり不良等の鑄造欠陥を発生し、また鑄造組織を不均一にする。

【0009】P/Ca (重量比): 0.5以下

材料の靱性に大きな影響を及ぼす共晶 Si の形態は、主として P/Ca 重量比で制御できる。P/Ca 重量比の調整による作用自体は本発明者等が特願平4-244259号公報、特願平5-161380号等で紹介したところであるが、P/Ca 重量比が 0.5 以下の場合、共晶 Si が微細で球状化し、伸び値が上昇し、靱性が改善される。逆に、0.5 を超える P/Ca 重量比では、P 量の増加に起因して共晶組織が粗くなり、伸び及び靱性が低下する。

【0010】Ni: 0.2~6重量%

必要に応じて添加される合金元素であり、Ni を含む金属間化合物を晶出させ、200℃付近における耐熱性、高温強度を改善する。Ni 添加の効果は、0.2重量%以上で顕著になる。しかし、6重量%を超える多量の Ni を含ませると、Al-Ni-Cu-Si 系、Al-Ni-Fe 系、Al-Ni-Cu 系等の晶出物が多くなり、伸びが低下し、アルミニウム合金を脆くする欠点が現れる。本発明に従ったアルミニウム合金においては、その他の合金元素として、Na, Cr, Zr, Zn 等を含むことがある。Na は、共晶 Si を微細化する作用を呈するので、鑄造性、型への焼付き性等に悪影響を及ぼさない範囲、すなわち上限を 50ppm 程度とする範囲での存在が許容される。Cr は、0.3重量%以下の含有量で耐摩耗性の向上に寄与する。Zr は、結晶粒微細化に有効であり、0.3重量%以下の量で Ti と同時に或いは Zr 単独で添加することもできる。Zn は、不純物として混入してくる元素であり、耐食性の劣化、鑄造割れの発生等の悪影響を及ぼすことから、上限を 3重量%に設定することが好ましい。

【0011】晶出物の平均長径: 20μm以下 共晶 Si の平均長径: 10μm以下

冷却速度 20℃/秒未満で鑄造する場合、Si 含有量が約 12重量%以上で初晶 Si が晶出する。他方、冷却速度が 20℃/秒以上の急冷になるダイカスト等では、初晶 Si が晶出開始する Si 含有量は、冷却速度の上昇に伴って 13~15重量%程度まで移動する。Ca の添加は、この移動を助長する。初晶 Si のサイズも冷却速度に影響され、冷却速度 20℃/秒未満の鑄造では 20~100μm 以上に、冷却速度 20℃/秒以上の鑄造では数μm~30μm 程度になる。この点、本発明にあっては、鑄造時の冷却速度を 20℃/秒以上に設定していることから、初晶 Si が 20μm 以下に微細化される。その結果、巨大な初晶 Si に起因した切削性の劣化が防止される。共晶 Si のサイズも、冷却速度、P 量、Ca 量及び P/Ca 比によって影響される。冷却速度が大きい

ときに細かな粒状となり、遅い冷却速度では針状になり易い。共晶Siは、P/Ca比が0.5を超えると針状化し、P/Ca比が0.5以下では粒状化する傾向がある。良好な靱性を得るためには微細粒状の共晶Siが好ましく、平均長径が10 $\mu$ mを超える共晶Siでは伸びが低下する。

【0012】初晶Siや共晶Si以外の金属間化合物も、20 $\mu$ mを超えるサイズで晶出すると、高温強度を劣化させる悪影響を呈する。そのため、本発明においては、必要とする高温強度を確保する上から、晶出物の平均長径を20 $\mu$ m以下に規定した。高融点金属の化合物は、冷却速度が遅い場合には大きく発達し、数十～数百 $\mu$ mに達する場合もある。化合物は、針状、漢字(chinese script)状、塊状等、様々な形態をとるが、大きい場合には何れも応力集中を起こして強度を低下させ易い。特にAl-Fe系の化合物は針状になり易く、影響が大きい。冷却速度が速い場合には、化合物の発達が抑制され、応力集中が起こりにくい粒状になり易い。

casting時の冷却速度：20℃/秒以上

Fe, Ni, Mn等の高融点金属を含む金属間化合物の微細化によって高温強度を向上させるためには、 casting時\*

\*の冷却速度を20℃/秒以上に設定することが必要である。冷却速度が20℃/秒未満であると、平均長さが20 $\mu$ mを超える粗大な金属間化合物が晶出し易く、伸びや強度等の低下を引き起こす。なお、本発明では、ダイカスト以外の薄肉急冷金型 castingをも採用でき、ピストン等の素形材が castingされる。素形材は、そのままの状態でも機械加工してもよく、或いは必要に応じて溶体化処理や時効処理を施しても良い。

【0013】

10 【実施例】Si：13.0重量%，Cu：5.5重量%，Mg：0.75重量%，Ti：0.1重量%，B：0.0006重量%，Cr：0.05重量%，Zn：1.0重量%，Zr：0.05重量%，Ca：0.006重量%及びP：0.001重量%を含み、P/Ca重量比を0.17に設定し、表1に示すようにFe, Mn及びNiを調整したアルミニウム合金溶湯を溶製した。なお、表1に掲げた試験番号11では、Ca：0.001重量%，P：0.002重量%及びP/Ca比：2.0とした。

【0014】

【表1】

表1：アルミニウム合金溶湯のFe, Mn, Ni含有量 (重量%)

試験番号	Fe	Mn	Ni	試験番号	Fe	Mn	Ni
1	0.8	0.3	0.05	7	1.5	5*	1
2	1.5	3	0.05	8	1.5	3	7*
3	2.5*	3	0.05	9	1.5	3	5
4	1.5	5*	0.05	10	1.5	3	5
5	0.8	1	1	11	0.8	0.3	0.05
6	1.5	3	5				

\*印は、本発明で規定した範囲を外れる値

【0015】各アルミニウム合金溶湯を、760℃で溶解し、溶湯温度を720℃まで下げた。そして、通常の金型 castingとしてJIS4号舟型に、ダイカスト castingとしてはダイカスト機TP型に casting込んだ。TP型は、平行部直径10mm、長さ70mmをもつ引張り試験片及び50mm×50mm×6mmの摩耗試験片が採取できるものをを用いた。なお、冷却速度は、 casting温度をそれぞれ150℃に加熱することによって調整し、金型 castingでは5

40 ℃/秒に、ダイカスト castingでは50℃/秒に設定した。得られた casting塊の組織を観察し、 casting条件が晶出物に与える影響を調査した結果を表2に示す。また、試験番号9では、純銅製のJIS4号舟型を用いることによって冷却速度を25℃/秒に設定した。

【0016】

【表2】

表2：鑄造条件と晶出物との関係

試験 番号	鑄造時の 冷却速度 ℃/秒)	初晶Siの 晶出状態	共晶Siの 平均長径 ( $\mu\text{m}$ )	他の晶出物 の平均長径 ( $\mu\text{m}$ )	区分
1	50	僅 少	< 5	< 20	本発明例
2	50	僅 少	< 5	< 20	本発明例
3	50	僅 少	< 5	> 20	比較例
4	50	湯流れが悪く鑄造不可			比較例
5	50	僅 少	< 5	< 20	本発明例
6	50	僅 少	< 5	< 20	本発明例
7	50	湯流れが悪く鑄造不可			比較例
8	50	僅 少	< 5	> 20	比較例
9	25	僅 少	2~10	< 20	本発明例
10	5	若干あり	5~20	> 20	比較例
11	50	僅 少	5~20	< 20	比較例

【0017】得られた金型鑄造材には、500℃×6時間の溶体化処理を施し、60℃の温水に焼き入れた後、220℃×6時間の時効処理を施し、空冷した。他方、ダイカスト材については、220℃×6時間の時効処理を施し、空冷した。熱処理された各合金から、切削加工により靱性試験片及び高温引張り試験片を切り出し

た。高温試験は、200℃に100時間予備加熱した後の試験片を対象とした。引張り強さ及び伸び値の試験結果を、表3に示す。

【0018】

【表3】

表3: 各種アルミニウム合金の機械的特性

試験 番号	200℃の引 張り強さ $\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)	試験 番号	200℃の引 張り強さ $\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)
1	230	5.4	8	195	2.8
2	250	3.5	9	240	3.4
3	190	2.1	10	170	0.7
5	270	4.2	11	215	2.5
6	255	3.1			

【0019】表3にみられるように、多量のFeを含む試験番号3では、Al-Fe系、Al-Fe-Mn系等の晶出物が20 $\mu$ m以上に大きく晶出し、伸びが低下している。Mn含有量が多いと、湯流れが悪く鑄造不良であったり（試験番号4、7）、Ni含有量が多過ぎると、伸び不足を引き起こした（試験番号8）。また、鑄造時の冷却速度が遅いと、試験番号10にみられるように、金属間化合物が大きく成長し、加工性に劣り、伸びも不足していた。P/Ca比を高く設定した試験番号11では、共晶Siの微細化が不十分であり、低い伸び値を示した。これに対し、合金成分及び鑄造時の冷却速度が本発明で規定した範囲にあるものでは、試験番号1、2、5、6、9の何れにおいても200℃の引張り強さ

が200N/mm<sup>2</sup>以上、伸び値が3%以上と優れた高温強度及び靱性をもっていた。

【0020】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明は、含有量が特定された成分・組成をもつAl-Si-Cu-Mg-Fe-Mn(-Ni)系合金においてP含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比を調整することにより、初晶Siの発生を抑制し、共晶Siを微細化し、更に凝固時の冷却速度を規制することによりFe、Mn、Ni系晶出物をも微細化している。これによって、高温強度や伸び値で代表される靱性が改善され、ダイカスト用内燃機関部品として好適なアルミニウム合金が得られる。